



### III-159 – AVALIAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS SIMPLIFICADOS<sup>1</sup>

**Danilo Gonçalves dos Santos Sobrinho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Pesquisador do Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal da Bahia.

**Viviana Maria Zanta**

Eng. Civil, Dr<sup>a</sup> em Engenharia – Hidráulica e Saneamento, Professora do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia. Coordenadora do Grupo de Resíduos Sólidos.

**Nilvam Santos Conceição**

Graduando de Engenheiro Sanitarista e Ambiental, bolsista PIBIC IC- FAPESB

**Rafael Nascimento de Oliveira**

Graduando de Engenheiro Sanitarista e Ambiental, bolsista PIBIC IC- FAPESB

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Aristides Novis, s/n, CEP: 40.210-630 Escola Politécnica, sala 10, 4º andar, Federação- Salvador - Ba - Brasil - Tel: (71) 3284-9454 - e-mail: [danilosobrinho@hotmail.com](mailto:danilosobrinho@hotmail.com)

#### RESUMO

Os municípios brasileiros de pequeno porte não dispõem de recurso financeiro e pessoal qualificado para implantação e operação de aterros sanitários convencionais. Por conta disso, muitos municípios vêm optando por implantar técnicas mais simples, que permitam reduzir custos operacionais e realizar uma disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos coletados, sem comprometer a saúde pública e o meio ambiente. Tendo em vista tal conjuntura o presente artigo tem como objetivo avaliar os aterros sanitários simplificados – ASS implantados no estado da Bahia quanto aos aspectos de controle ambiental e procedimentos operacionais. Estes são indicados para municípios de pequeno porte com até 30.000 habitantes que geram de 10 a 15 toneladas de resíduos por dia. A metodologia empregada foi dividida em duas fases: na primeira, prospectiva, selecionou-se dois aterros sanitários simplificados no semi-árido baiano e mais dois, na região litorânea, com clima variando de úmido a subúmido. Nesta fase foi realizada a caracterização dos resíduos sólidos dispostos, quanto à composição gravimétrica, teor de umidade e sólidos totais voláteis, bem como o levantamento da contribuição pluviométrica para a geração de lixiviado e o monitoramento dos poços de água subterrânea considerando-se os parâmetros: cloretos, demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio, dureza total, ferro total, nitrogênio amoniacal, pH, sólidos dissolvidos, coliformes termotolerantes, cádmio e zinco total. Na segunda fase selecionou-se da amostra anterior um aterro representativo em cada região sendo realizada a caracterização físico-química do solo local (base e cobertura da vala de disposição de RS) determinando-se a capacidade de troca catiônica, pH, Mg, Ca, Zn, Cr, Fe, peso específico dos grãos, granulometria por peneiramento e sedimentação, limite de liquidez e plasticidade. Avaliou-se também as condições operacionais dos aterros, para tanto utilizou-se o instrumento para Análise e Avaliação da Sustentabilidade de Aterros Sanitários Simplificados desenvolvidos por Zanta, May e Campos, 2005. Alguns dos principais resultados foram: uso de procedimentos operacionais inadequados, deficiências técnicas dos projetos analisados, sistema de monitoramento de água subterrânea inapropriado, frente às condições ambientais implantadas. Conclui-se que há necessidade de investimentos na capacitação técnica dos operadores, na melhoria do sistema de proteção ambiental e monitoramento, visando uma melhor compatibilidade com as características locais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterro sanitário, município pequeno porte.

#### INTRODUÇÃO

O gerenciamento inadequado dos Resíduos Sólidos, desde a etapa de geração até a destinação final, pode acarretar vários problemas prejudiciais à saúde humana, tais como a contaminação do solo, ar e água e a proliferação de vetores.

<sup>1</sup> Os autores agradecem a colaboração dos Professores José Mauricio de Souza Fiúza e Magda Beretta do Departamento de Engenharia Ambiental da UFBA, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB e as Prefeituras Municipais de Aporá, Esplanada, Filadélfia e Saubara.



Estes problemas geralmente são associados às zonas periféricas dos centros urbanos, em áreas de baixo valor econômico, onde reside a população mais carente e mais vulnerável à transmissão de doenças relacionadas ao descarte aleatório de resíduos sólidos. A ausência ou deficiência de acondicionamento e coleta, associada à disposição inadequada dos resíduos sólidos municipais são importantes fatores de risco para a saúde coletiva, também, em pequenas comunidades.

No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico– PNSB de 2000, os problemas encontrados na destinação final dos resíduos são ainda maiores. Dos então 5.507 municípios brasileiros apenas 32,2% dispunham seus resíduos de forma adequada, sendo 13,8% em aterros sanitários e 18,4% em aterros controlados, enquanto o restante dos municípios (63,6%) depositava os resíduos coletados em lixões. Aproximadamente 5% dos municípios entrevistados não responderam a este item da pesquisa (IBGE, 2002).

Verifica-se, portanto, que a disposição inadequada de RSU é realidade para muitos municípios, sendo ainda mais grave para os municípios com população até 20.000 habitantes, que representavam 73,1% dos municípios brasileiros, já que 68,5% vazavam seus RSU em lixões ou áreas alagadiças (*ibid*).

Diversas são as condições que favorecem este cenário para municípios deste porte, destacando-se a escassez de recursos financeiros para a construção de aterros sanitários, ausência de equipamentos para sua operação, além de carência em capacitação técnica e gerencial de seus funcionários.

O ASS, objeto deste estudo, é proposto pela Companhia de Desenvolvimento Urbano Regional do Estado da Bahia -CONDER para atender a carência de disposição adequada de municípios baianos com população até 30.000 habitantes que geram de 10 a 15 toneladas de resíduos por dia (CONDER, 2005). Segundo Fiúza, Fontes e Cruz (2002), a grande totalidade dos municípios baianos com população nesta faixa não tem receita suficiente para resolver seus problemas de saneamento básico, situação agravada com a carência de capacitação técnica e gerencial. Para estes autores a baixa geração de RSU, comum em municípios deste porte, dispensa tecnologia sofisticada para destiná-los adequadamente do ponto de vista sanitário e ambiental.

As valas do ASS apresentam profundidade variando entre 4 e 5m, altura útil de 1,0 a 1,5m acima do nível do solo, e inclinação de taludes das valas entre 45° e 90°, dependendo da estabilidade do solo. O comprimento das valas varia com a disponibilidade do terreno, podendo chegar a 150m.

A impermeabilização da base inferior das valas é prevista apenas para situações onde o solo natural não apresenta características como permeabilidade e espessura consideradas adequadas. Nesta situação pode-se utilizar uma camada de solo argiloso de 0,5m de espessura, compactado para obter permeabilidade mínima de  $10^{-6}$ cm/s. A cobertura final dos resíduos deverá ter espessura de 0,60m, em solo orgânico para favorecer o crescimento de gramíneas.

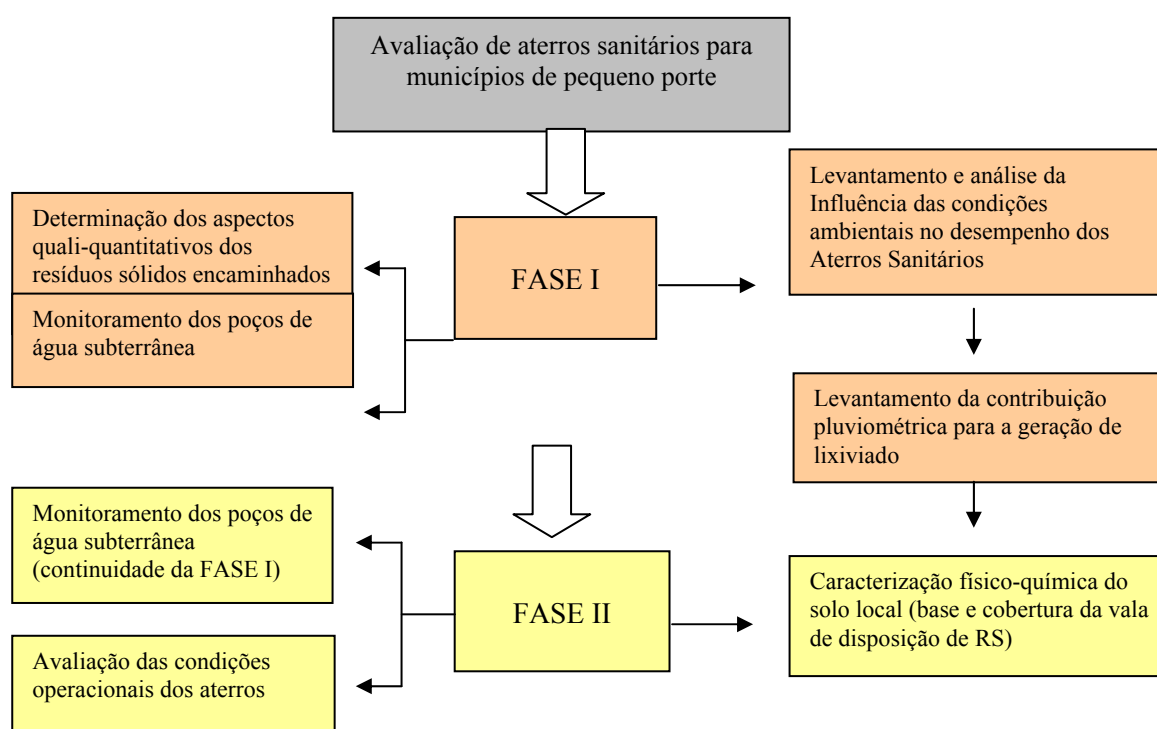
Não é previsto sistema de drenagem e tratamento de lixiviado nestes aterros, pois se espera que o volume de lixiviado gerado seja pequeno creditando-se ao solo a capacidade de tratá-los. O sistema de drenagem de gases também é inexistente, pela pequena quantidade gerada e baixa profundidade das valas. Considera-se que o caminho preferencial dos gases é ascendente, favorecendo sua dispersão para a atmosfera.

De acordo com Silveira, 2007, entre 2002 e 2006 foram implantados 35 aterros sanitários simplificados (ASS) pelo governo do estado da Bahia em municípios com geração de até 15 toneladas/dia de resíduos. Destes, foram avaliados 23 aterros quanto à operação em 2006, verificando-se que cerca de 50 % foram classificados de operação Péssima ou Regular.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi dividido em duas fases, na primeira fase, prospectiva, selecionou-se dois aterros sanitários simplificados em municípios de pequeno porte com até 30.000 habitantes, Aporá e Filadélfia semi-árido baiano e mais dois, na região litorânea, Esplanada e Saubara, com clima variando de úmido a subúmido. Na segunda fase selecionou-se da amostra anterior um aterro representativo em cada região,

A Figura 1 apresenta as atividades desenvolvidas em cada fase.



**Figura 1 - Fases do Estudo e suas respectivas atividades**

### FASE I

Para avaliar o potencial de poluição do lixiviado foram determinados os aspectos quali-quantitativos dos resíduos sólidos encaminhados aos ASS, a saber: composição gravimétrica; teor de umidade e sólidos totais voláteis – S. T. V..

A análise da influência das condições ambientais no desempenho dos aterros sanitários foi realizada por meio do levantamento de dados sobre pluviosidade, aspectos geológicos e pedológicos, entre outros, apresentados nos projetos básicos dos ASS correlacionados com os parâmetros de referencia da literatura e observação em campo das condições ambientais.

Com o intuito de complementar este levantamento de dados realizou-se a estimativa da produção de lixiviado e, posteriormente, a análise de solos para os aterros selecionados para a Fase II.

Para levantamento das precipitações mensais foram realizadas consultas ao banco de dados dos órgãos públicos (Agencia Nacional das Águas – ANA e Instituto de Gestão das águas – INGA). Para aqueles municípios que não possuíam estações pluviométricas instaladas e/ou registradas no banco de dados, foi necessária a seleção de municípios localizados no entorno destes que possuísem dados disponíveis para aplicação de método de estimativa da taxa precipitada no local. A partir destes resultados foi realizada a estimativa teórica para geração de lixiviado por meio do Método Suíço.

A coleta de amostras para monitoramento dos poços de água subterrânea foi realizada de acordo com a Norma Técnica CETESB 6410/1998 e encaminhadas para análise em laboratório considerando os seguintes parâmetros: dureza total, sólidos dissolvidos, ferro total, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio amoniacal, nitratos, cloretos, pH, coliformes termotolerantes, cádmio e zinco.

### FASE II

Para avaliação das condições operacionais dos aterros utilizou-se o instrumento para Análise e Avaliação da Sustentabilidade de Aterros Sanitários Simplificados em Municípios de Pequeno Porte desenvolvidos por Zanta, May e Campos, 2005 no âmbito do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico- PROSAB.



A caracterização físico-química de amostras de solo da base do aterro e da cobertura compreendeu a determinação da Capacidade de Troca Catiônica, pH, Mg, Ca, Zn, Cr, Fe, peso específico dos grãos, granulometria por peneiramento e sedimentação, limite de liquidez, plasticidade e permeabilidade.

## RESULTADOS OBTIDOS

### INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO DESEMPENHO DO ATERRO

Para a caracterização ambiental dos locais de implantação dos aterros sanitários simplificados estudados, buscou-se levantar e analisar os dados sobre pluviosidade, aspectos geológicos e pedológicos, permeabilidade do solo, apresentados nos projetos dos aterros, no entanto estes dados eram regionais, não informando dados mais específicos da área de implantação.

A Tabela 1 apresenta os valores de precipitação média obtida por meio o método de Thiessen e a respectiva estimativa de produção de lixiviado pelo método Suíço para os aterros estudados localizados na região litorânea e no semi-árido. Apresenta também dados de caracterização das amostras de solo da base e da cobertura dos aterros realizada na segunda fase.

**Tabela 1 - Precipitação média e a vazão de lixiviado estimada com o método suíço**

Aterro	Precipitação Média (mm)	Q <sup>2</sup> (L/s)	Solo de base da vala			Solo de cobertura		
			W <sub>L</sub> <sup>3</sup>	W <sub>p</sub> <sup>4</sup>	I <sub>p</sub> <sup>5</sup>	W <sub>L</sub> <sup>3</sup>	W <sub>p</sub> <sup>4</sup>	I <sub>p</sub> <sup>5</sup>
Aporá	712,86	0,0028	33%	21%	12%	42%	25%	17%
Saubara	1215,00	0,0047	25%	15%	10%	35%	17%	18%
Esplanada	1658,00	0,0065	Não realizado					
Filadélfia	597,90	0,0023						

1 - Aterros Sanitários Simplificados selecionados para a FASE II; 2 - Vazão de lixiviado; 3 - Limite de Liquidez; 4 - Limite de plasticidade; 5 - Índice de Plasticidade.

Segundo Daniel (1993), para alcançar condutividade hidráulica menor ou igual a  $1 \times 10^{-7}$  cm/s, valor indicado para barreiras inferiores de aterros sanitários, é necessário atender aos seguintes critérios: porcentagem de finos  $\geq 20$  %; porcentagem de pedregulhos  $\leq 30$  %; Índice de Plasticidade  $\geq 10$  % e tamanhos das partículas  $\leq 50$  mm. No ASS do Município de Aporá o solo analisado indicou percentual de pedregulho de 34%, ultrapassando o limite máximo recomendado anteriormente. Já no ASS localizado em Saubara o solo utilizado no aterro possivelmente possui o coeficiente de permeabilidade maior que  $1 \times 10^{-7}$  cm/s, uma vez que este apresenta porcentagem de finos superior a 20% e de pedregulhos superior a 30%, além de apresentar Índice de Plasticidade – IP maior que 10%.

Ainda considerando-se os resultados obtidos na análise dos solos dos ASS de Aporá e Saubara, verificou-se que os valores referente a capacidade de troca catiônica - CTC, ficaram entre 5 e 15 meq/100g em Aporá e inferior a 5 meq/100ml em Saubara. Segundo Guimarães, 2000 quanto a CTC o solo analisado no ASS de Aporá é considerado com restrições para implantação de aterros sanitários, já o solo do ASS de Saubara é considerado como desfavorável para a implantação de aterros sanitários, conforme valores apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos das amostras de solo coletadas no ASS estudados**

Parâmetros	Saubara		Aporá	
	Material de cobertura	Material de base	Material de cobertura	Material de cobertura
Matéria Orgânica (g/kg)	2,79	2,23	11,93	11,93
Capacidade de Troca Catiônica (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	3,96	4,41	6,82	6,82
pH	5,2	5,2	5,0	5,0
Magnésio (Mg) (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,47	0,55	1,83	1,83
Cálcio (Ca) (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,22	0,22	1,52	1,52
Zinco (Zn) (mg/L)	0,45	0,68	0,01	0,01
Fósforo (P) (mg/L)	1	1	<1	<1
Ferro (Fe) (mg/L)	3,92	4,66	12,39	12,39
Potássio (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	11	6	25	25
Cobre (mg/L)	0,29	0,08	4,34	4,34
Manganês (Mn)	0,73	0,75	5,57	5,57

Obs.: Cmolc/dm<sup>3</sup> equivalente a meq/100mL

## ASPECTOS QUALI-QUANTITATIVOS DOS RESÍDUOS ENCAMINHADOS AOS ATERROS

Os resultados apresentados no município de Aporá que os resíduos aterrados apresentam baixo percentual de geração de matéria orgânica. Observa-se também que 23% do material caracterizado correspondem à fração de recicláveis, 18% aos biodegradáveis e a grande maioria pode ser considerada inerte ou rejeito. Em Saubara, a composição gravimétrica dos RSU indica que este possui características diferentes dos demais aterros estudados, principalmente na geração de matéria orgânica 43% em relação aos 26 % de Baixios / Palame e os 18 % de Aporá. Não foi possível a caracterização em Filadélfia por motivos operacionais.

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam diferenças significativas nos valores de matéria orgânica putrescível e no teor de umidade entre os ASS.

**Tabela 3 – Composição Gravimétrica dos resíduos sólidos dispostos nos ASS estudados**

Parâmetro		ASS de Saubara	ASS de Aporá	ASS de Baixios / Palame
Composição Gravimétrica	Recicláveis	23%	26%	15%
	Biodegradáveis	43%	18%	26%
	Descartáveis	35%	56%	59%
Teor de umidade		57,3%	77,3%	70,4%
Sólidos Totais Voláteis		38,1%	71,6%	44,47%

O teor de umidade altera-se em função das estações do ano e da incidência de chuvas, o que pode explicar os valores encontrados nos resíduos amostrados em Aporá. No dia da coleta dos resíduos o índice de chuvas registrado pela Estação 83249, localizada no Município de Alagoinhas próximo ao Município de Aporá, foi de aproximadamente 4 mm, o que pode ter influenciado no teor de umidade encontrado de 77,3%. Já em Saubara, Município localizado no recôncavo baiano não houve registro de chuvas na Estação 83229 localizada no Município de Salvador no dia da coleta dos resíduos. A ausência de chuvas, somado ao fato de que em Saubara utilizou-se uma lona plástica para cobertura dos resíduos, pode ter influenciado no resultado encontrado para o teor de umidade médio de 57,3%.



Em Baixios/Palame (Esplanada), observou-se um valor médio relativamente alto de umidade, de 70,4 % considerando-se a ausência de chuvas na região no dia da coleta dos resíduos. As diferenças encontradas nos valores do teor de umidade dos três municípios também podem ser explicadas com base nas componentes dos resíduos com diferentes graus de absorção de água.

Os percentuais de Matéria Orgânica Putrescível, de teores de umidade e os valores de Sólidos Totais Voláteis se relacionam com um maior potencial de liberação de lixiviado. Assim, pode-se deduzir pelos valores encontrados, que os aterros que receberam resíduos com maior teor de umidade e com maior quantidade de Sólidos Totais Voláteis, apresentam condições mais propícias para a formação de Lixiviado e para atingir a capacidade de campo do meio.

Os resultados da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos, realizada nos municípios estudados, indicam que de uma forma geral existe a possibilidade de aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para a produção de composto orgânico. Nos ASS avaliados já existem ações de separação do material reciclável, conforme apresentado na Figura 2, porém de forma desorganizada e informal, sendo realizada por funcionários responsáveis pela operação e manutenção dos equipamentos, e em muitas situações comprometendo a operação do aterro.



**Figura 2 – Separação de material reciclável: (a) Aterro do Município de Saubara (Fase II) (b) Aterro de Esplanada, estudado apenas na Fase I.**

## **AValiação DA Condição DE OPERACIONALIDADE DOS ATERROS SANITÁRIOS**

A utilização do instrumento para Análise e Avaliação da Sustentabilidade de Aterros Sanitários em Municípios de Pequeno Porte desenvolvidos por Zanta, May e Campos, 2005, permitiu a análise das condições operacionais dos ASS. O instrumento é composto pelas dimensões Técnico-ambiental e Econômico-financeiro, para análise da questão técnico-ambiental consideram-se cinco linhas de avaliação: (1) Caracterização da área; (2) Sistema de Proteção Ambiental (3) Sistema de Apoio e mão de obra (4) Controle Tecnológico; e (5) Plano de Uso. Para análise das questões econômico-financeiras avaliam-se os itens: fluxo de caixa, investimentos iniciais, recursos da prefeitura, custos de pré-operação, dos impactos ambientais – ações corretivas, de operação / manutenção, encargos como impostos e outros.

Em Saubara o instrumento AASAS foi aplicado por três vezes, na primeira campanha em outubro de 2005 a nota referente a dimensão técnico-ambiental do aterro de tendência à sustentabilidade foi 4,0, o que o enquadrava na “condição desfavorável”, ou seja, indicava que o aterro não atendia às condições adequadas de disposição final e tratamento de RSU, estando em risco a segurança do equipamento urbano e do ambiente. Embora tenha permanecido nesta condição desfavorável nas visitas posteriores, em agosto de 2006 e junho de 2007, foi observado uma piora nas condições operacionais do aterro refletidas, consequentemente, nas notas referentes a condições técnico-ambientais obtidas, respectivamente de 3,2 e 2,9.

Na campanha realizada em outubro/2005 entre as 48 questões aplicadas por meio do instrumento AASAS, 26 delas (54%) apresentaram-se desfavoráveis, entre elas pode-se destacar a ausência de compactação, de cobertura diária, de registro da pesagem, bem como, a existência de resíduos dispersos na área do aterro. Além destes, a não realização do monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, presença de vetores e



funcionários sem treinamento e EPI's completos contribuíram para o enquadramento do aterro na condição inadequada.

Nas campanhas realizadas em agosto de 2006 e junho de 2007, verificou-se que itens importantes na avaliação do aterro, anteriormente avaliados como favoráveis ou neutros, foram identificados como desfavoráveis, entre eles o acúmulo de lixiviado na vala, presença de animais, fissuras na vala fechada, estado de conservação das vias internas e de acesso ao aterro. A Figura 3 mostra a situação da segunda vala aberta e operada em períodos de tempo diferentes. Na Figura 3-(a) verifica-se que há acúmulo de água agravado pela ausência da cobertura com solo dos resíduos sólidos, ou uso da cobertura temporária com lona como citado anteriormente. Na Figura 3(b), mostra a vala com os resíduos disposto sem nenhum cuidado, em destaque uma cerca colocada para impedir o acesso do gado à vala.



**Figura 3 – Aterro Sanitário Simplificado do Município de Saubara: (a) Vala com acúmulo de água, maio de 2007; (b) Mesma vala com disposição inadequada, novembro de 2007.**

Segundo Campos, 2008, o aterro sanitário de Município de Saubara sob ponto de vista financeiro pode ser considerado viável, levando-se em consideração o recurso orçamentário disponibilizado pelas Prefeitura para a manutenção/operação do ASS, em contra-partida à sua despesa.

Já no ASS localizado no município de Aporá o AASAS foi aplicado três vezes, em dezembro de 2005, agosto de 2006 e julho de 2007. Na análise dos resultados avalia-se que o aterro permaneceu ao longo das campanhas na “condição controlada ou neutra”, obtendo-se como notas os valores de 5,5; 5,5 e 5,1, que indicam que com pouco investimento é possível adequá-lo a um bom desempenho ambiental, entretanto, caso as poucas melhorias necessárias não sejam realizadas, as condições deste aterro podem se tornar desfavoráveis a qualquer momento.

Apesar de manter-se na condição neutra ao longo da pesquisa, ocorreu uma pequena redução identificada na nota obtida em julho de 2007. As modificações negativas encontradas se devem principalmente à ausência da lona como cobertura diária, a dispersão de resíduos na área do aterro, bem como, pelo fato da cerca existente não impedir o acesso de pessoas. Entre as melhorias observou-se apenas o crescimento da cobertura vegetal existente nas valas já encerradas.

Na campanha de dezembro de 2005, conforme apresentado na Figura 4-(a), ainda se utilizava uma lona como cobertura temporária dos resíduos dispostos no aterro, no entanto nas demais campanhas realizadas, constatou-se o desgaste da lona e a falta de reposição pelos impedindo a realização deste procedimento. Entre os problemas identificados pode-se citar também o surgimento de fissuras na cobertura da vala, conforme indicado na Figura 4-(b), identificado em todas as campanhas, e a realização da cobertura final com espessura da camada inferior a 60cm. Já com relação aos aspectos positivos destaca-se o crescimento de cobertura vegetal nas valas, identificado a partir da segunda campanha.





**Figura 4 – Aterro Sanitário Simplificado do Município de Aporá, Bahia: (a) Vala coberta temporariamente com lona plástica, porém com comprimento inferior ao necessário – Outubro de 2005; (b) Surgimento de fissuras na vala.**

No aterro de Aporá constatou-se a existência de práticas negativas não identificadas explicitamente pelos indicadores do instrumento AASAS e, portanto, não consideradas na nota técnico-ambiental. A disposição de resíduos da construção civil em diversos pontos do aterro sanitário, proibida pela Resolução CONAMA 307/02, e a realização da queima de resíduos oriundos da capina e poda foram observadas no ASS, prejudicando a operação do aterro.

Percebe-se que estas práticas se devem principalmente à ausência de conhecimento técnico das normas e legislações vigentes pelos responsáveis pelo gerenciamento do ASS. No entanto, após uma vistoria de técnicos do Ministério Público a queima de resíduos cessou, porém o mesmo não ocorreu com a disposição de resíduos da construção civil – RCC, já observando-se indícios de disposição de resíduos domiciliares junto com os RCC, fora da vala de disposição.

Segundo a Resolução CONAMA 307/02 estes resíduos são enquadrados como resíduos de Classe A, que podem ser resíduos reutilizáveis e recicláveis como agregados. Este tipo de resíduo deve ser encaminhado a áreas de disposição, que não o aterro sanitário de resíduos domiciliares, de modo a permitir a sua utilização para atividades futuras.

Em Aporá, de acordo com o levantamento e análise da vertente financeira desenvolvida Campos, 2008, o valor do orçamento municipal destinado a operação do aterro informado pelo secretário de administração era suficiente para arcar com as despesas de operação e manutenção do aterro sanitário simplificado.

## **MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

As amostras de água foram coletadas e armazenadas de acordo com os procedimentos descritos na norma técnica CETESB 6410/1998 os parâmetros analisados: Cloretos, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, Dureza Total, Ferro Total, Nitrogênio Amoniacal, pH, Sólidos Dissolvidos, Coliformes Termotolerantes, Cádmio e Zinco total. Entre os aterros analisados apenas os de Saubara e Esplanada, distritos de Baixios e Palame, dispunham de água para coleta nos poços de monitoramento, os aterros localizados no semi-árido permaneceram secos ao longo de todo o projeto.

Os resultados encontrados foram comparados com valores estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 do Ministério do Meio Ambiente considerando-se os parâmetros estabelecidos para águas classe 2, disponível a época do estudo. Vale ressaltar, que para reavaliar os resultados obtidos frente à Resolução CONAMA 396 de 3 de abril de 2008, é necessário conhecer o uso preponderante da água, porém nas áreas identificadas não foi possível identificá-los.





De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5, somente os parâmetros cádmio (Cd), ferro (Fe), nitratos e pH apresentaram desconformidade com a resolução citada.

Os resultados referentes às amostras coletadas em Baixios/Palame apresentados na Tabela 4 indicaram a não detecção de Cd, a presença de Zn na primeira e segunda campanha respectivamente nos pontos PJ2 e PJ1, e em ambos na terceira campanha, porém com valores abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Já com relação ao Fe, as concentrações encontradas nas duas campanhas iniciais ultrapassaram o limite estabelecido na referida Resolução, exceto PJ1 da segunda campanha, que obteve índice abaixo do limite de detecção do método. No entanto, percebe-se que na segunda campanha já houve uma redução na concentração de ferro quando comparada com a primeira, fato que também ocorreu no PJ1 na terceira campanha cujo valor manteve-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução. No PJ2 a concentração permaneceu acima do limite em todas as campanhas.

A análise dos resultados obtidos nos dois poços de monitoramento de jusante do aterro de Baixios/Palame em relação ao poço de montante não foi realizada, uma vez que o poço de montante existente não apresentou água durante todo o período de coleta de amostras da pesquisa, representando uma limitação para análise dos dados obtidos.

**Tabela 4 - Parâmetros físicos, químicos bacteriológicos observados nas amostras de água subterrâneas coletadas nos poços de monitoramento do ASS de Baixios / Palame.**

Parâmetros	1ª Campanha		2ª Campanha		3ª Campanha		Unidade	LDM	VMP CONAMA 357/2005
	PJ1	PJ2	PJ1	PJ2	PJ1	PJ2			
Dureza total	14,1	6,02	14	<LDM	8,90	4,94	mg/L CaCO <sub>3</sub>	3	-
Sól. Diss.	50,8	20,4	49	17	39,5	16,5	mg/L	10	500
Ferro Total	1,74	0,95	0,11	0,42	<LDM	0,79	mg/L Fe	0,1	0,3
DBO	ND	ND	<LDM	<LDM	<LDM	1,30	mg/L	1	5
DQO	7,11	7,11	<LDM	<LDM	<LDM	25,5	mg/L	10	-
Nit. Amon.	0,17	0,28	0,83	0,42	0,09	0,09	mg/L N-NH <sub>3</sub>	0,02	3,7; pH ≤ 7,5
Nitratos	0,29	0,1	1,1	0,19	0,89	0,31	mg/L N-NO <sub>3</sub>	0,01	10
Cloretos	20,5	19,0	22	<LDM	21	11,0	mg/L Cl	3	250
pH	5,11	5,05	5,51	5,09	4,87	4,97	-	-	6,0 a 9,0
Col. Term.	<0,1	<0,1	60	3	<0,1	<0,1	UFC/100ml	-	<1000
Cádmio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	mg/L	0,5	0,001
Zinco	ND	0,01J	0,02J	ND	0,07	0,02 J	mg/L	0,01	0,18

PM – Poço de montante; PJ – Poço de jusante; LDM – Limite de Detecção do Método; VMP – Valor Máximo Permitido

Os resultados referentes às amostras coletadas em Saubara são apresentados na Tabela 5. Nas amostras analisadas foram detectados os metais cádmio (Cd) e zinco (Zn) apenas na segunda campanha, sendo a concentração de Cd, superior ao limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/05.

Em relação ao teor de Ferro, verifica-se a presença do mesmo nas amostras coletadas ao longo da pesquisa em valores acima do limite máximo permissível indicado pela Resolução CONAMA 357/2008, com exceção da segunda campanha. A presença de Fe, observada na amostra coletada no poço PM1 na 1ª campanha pode indicar que este elemento seja devido a emissões do aterro ou do próprio solo local.

Nas amostras analisadas foram detectados índices de nitrogênio amoniacal e nitratos em todos os poços de monitoramento nos aterros de Saubara, entretanto todos atendiam aos limites indicados segundo a resolução CONAMA 357/2005, exceto o ponto PJ2 que na segunda campanha apresentou concentração de 13,0 mg/L de Nitratos valor este acima do limite estabelecido de 10 mg/L. Ainda cabe mencionar que este valor supera o determinado no poço de montante, possivelmente este valor pode ser atribuído a alguma emissão do aterro, suposição essa corroborada pelas condições avaliadas do aterro que levaram a um nota global técnico ambiental de 2,9 pelo instrumento AASAS.



Tabela 5 - Parâmetros físicos, químicos e bacteriológico de Saubara

Parâmetros	Agosto/2006			Junho / 2007			Dezembro / 2007		Unidade	LDM	VMP CONAMA 357/2005
	PM1	PJ1	PJ2	PM1	PJ1	PJ2	PJ1	PJ2			
Dureza total	14,9	75,5	11,9	25,7	80,1	7,91	12,0	96,7	mg/L CaCO <sub>3</sub>	3	-
Sól. Diss.	104	224	132	78,0	116	18,0	34,0	118	mg/L	10	500
Ferro Total	0,35	< LDM	0,33	0,10	0,23	0,10	1,3	0,60	mg/L Fe	0,1	0,3
DBO	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	1,00	< LDM	1,00	1,26	mg/L	1	5
DQO	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	10,4	10,4	mg/L	10	-
Nit. Amon.	0,33	0,12	0,11	0,16	1,76	0,09	0,10	0,13	mg/L N- NH <sub>3</sub>	0,02	3,7; pH ≤ 7,5
Nitratos	2,48	4,83	1,48	6,10	0,38	13,0	1,02	1,35	mg/L N- NO <sub>3</sub>	0,01	10
Cloretos	17,4	43,2	6,95	23,0	12,5	5,99	7,55	21,1	mg/L Cl	3	250
pH	4,43	6,54	5,6	5,11	6,84	5,52	6,01	7,10	-	-	6,0 a 9,0
Col. Term.	< 01	< 01	< 01	< 01	< 01	7	< 01	< 01	UFC/100 ml	-	<1000
Cádmio	< LDM	< LDM	< LDM	2,0	0,6 J	ND	ND	ND	mg/L	0,5	0,001
Zinco	< LDM	< LDM	< LDM	0,03 J	0,02 J	0,02 J	ND	ND	mg/L	0,01	0,18

PM – Poço de montante; PJ – Poço de jusante; LDM – Limite de Detecção do Método; VMP – Valor Máximo Permitido

## CONCLUSÕES

Inicialmente é importante ressaltar que a implantação desta tecnologia contribui para a melhoria do sistema de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana no que tange a disposição final. Entretanto, observa-se com frequência os aterros sanitários simplificados implantados no estado da Bahia enfrentam dificuldades em sua gestão transformando-se muitas vezes em lixões.

Com base na análise dos projetos técnicos e manuais orientativos elaborados para a implantação desta tecnologia, identificou-se vários pontos que precisam ser aprimorados, a saber: procedimentos de cobertura diária e final dos resíduos, melhor avaliação da necessidade de implantação de poços de monitoramento da água de sub-solo, bem como, uma maior rigor no controle operacional dos ASS.

As diferenças existentes de índices pluviométricos e de capacidade de absorção dos materiais também precisam ser cuidadosamente analisadas quando da elaboração dos projetos técnicos, pois a depender das condições locais, sistemas de proteção ambiental como drenagem e tratamento de lixiviado, podem ser necessários.

No que se refere à operação dos ASS é fundamental a realização de treinamento operacional contínuo, a partir do desenvolvimento de um programa de capacitação e assessoria técnica para municípios com tecnologias de disposição final semelhantes.

Conclui-se que o potencial de aplicação da tecnologia de ASS é alto, considerando as dificuldades enfrentadas por municípios de pequeno porte, no entanto a maior simplicidade na implantação e operação dos aterros sanitários simplificados, exige o controle contínuo e permanente para que o equipamento não apresente riscos ao meio ambiente e a saúde pública.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 3 p, 2002.
2. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, DF, 23 p, 2005.
3. CAMPOS, Livia Reis. ATERRO SANITÁRIO SIMPLIFICADO: INSTRUMENTO DE ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA, CONSIDERANDO ASPECTOS AMBIENTAIS. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental Urbana, Ufba, Salvador, 2008.
4. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Norma 6140 – Amostragem e monitoramento de água subterrânea. 1999
5. CONDER-Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. Projeto Concepção e Manual de Operação de Aterros Sanitários Manuais – modelo CONDER, Salvador, 2005. Documento Interno
6. DANIEL, D. E. Clay Liners. In: DANIEL, D. E.. Geotechnical Practice for Waste Disposal. London: Chapman & Hall, 1993. p. 137-185.
7. FIÚZA, J.M.S; FONTES, M.T; CRUZ, C.S. Nova Tendência de Disposição Final de Resíduos Sólidos no Estado da Bahia: Aterro Sanitário Simplificado. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2002, Espírito Santo.
8. GUIMARÃES, Lucy Teixeira. Utilização do Sistema de Informação Geográfica (Sig) Para Identificação de Áreas Potenciais para Disposição de Resíduos na Bacia do Paquequer, Município de Teresópolis - RJ. 2000. 172 f. Tese (Mestrado) - UFRJ, Salvador, 2000.
9. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro, 2002. CD-ROM.
10. SILVEIRA, Lícia Rodrigues; O maior dos desafios do lixo: Destinação Final, Gestão de Aterros Sanitários Simplificados, uma contribuição ao problema no Estado da Bahia. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Anais. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2007.
11. ZANTA, V.M., MAY, M.S.S. e CAMPOS, L. R. Método de Análise e Avaliação de Sustentabilidade de aterros sanitários. Relatório Técnico. PROSAB, edital 04, rede resíduos sólidos. UFBA, Salvador, 2005.